

Estudio arqueomagnético y radiométrico integrado de fogones prehispánicos del sitio arqueológico El Ocote (Aguascalientes, México)

Integrated archaeomagnetic and radiometric study of pre-Hispanic fireplace at El Ocote archaeological site (Aguascalientes, Mexico)

Alejandra **García-Pimentel**¹, Rubén **Cejudo**¹, Avto **Goguitchaichvili**^{1,*}, Miguel **Cervantes-Solano**¹, Ana **Pelz**², Rafael **García-Ruiz**¹, Juan **Morales**¹, Francisco **Bautista**³

¹ Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia Michoacán, México.

² Instituto Nacional de Antropología e Historia, Unidad Aguascalientes, México.

³ Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia Michoacán, México.

* Autor para correspondencia:
(A. Goguitchaichvili) avto@geofisica.unam.mx

Cómo citar este artículo:

García-Pimentel, A., Cejudo, R., Goguitchaichvili, A., Cervantes-Solano, M., Pelz, A., García-Ruiz, R., Morales, J., Bautista, F., 2023, Estudio arqueomagnético y radiométrico integrado de fogones prehispánicos del sitio arqueológico El Ocote (Aguascalientes, México): Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 75 (1), A231122. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2023v75n1a231122>

Manuscrito recibido: 5 de abril de 2022.

Manuscrito corregido: 9 de noviembre de 2022.

Manuscrito aceptado: 15 de noviembre de 2022.

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

RESUMEN

El sitio arqueológico EL Ocote es un asentamiento prehispánico distribuido sobre la cima y las laderas del cerro Los Tecuanes, al Suroeste de la capital del Estado de Aguascalientes, México. Los trabajos de investigación en el sitio comenzaron en el año 2000, los cuales permitieron proponer que el sitio tuvo su desarrollo durante el periodo Epiclásico, específicamente entre los años 650 d.C. y 900 d.C. A pesar de esta estimación, no se disponen de datos cronológicos absolutos para este sitio. En este trabajo se realizó un muestreo arqueomagnético en dos fogones localizados en el sitio, a partir de esas muertas se prepararon 98 especímenes individuales. Con la finalidad de establecer la naturaleza de los minerales magnéticos presentes en ellos y determinar las componentes de la magnetización característica remanente que registraron al momento de su último uso, se realizaron experimentos de desmagnetización progresiva mediante campos alternos, curvas termomagnéticas continuas, ciclos de histéresis y curvas de magnetización remanente isotermal. Luego de establecer las direcciones medias para ambos fogones, se realizó una datación arqueomagnética mediante el modelo geomagnético global SHA.DIF.14K obteniéndose los intervalos de edad probables de 914 d.C. – 1079 d.C. y 924 d.C. – 1102 d.C. para el momento del último uso para el primer y segundo fogón, respectivamente. Adicionalmente, las direcciones medias fueron comparadas con las direcciones esperadas según el modelo geomagnético global SHAWQ2k y la curva de variación paleosecular (CVPS) local propuesta por Mahgoub *et al.*, (2019). Se reportan también seis nuevas edades radiométricas obtenidas de restos de carbón localizados en varios fogones localizados en el sitio las cuales corresponden al periodo Epiclásico Mesoamericano. Las edades arqueométricas y radiométricas obtenidas para los fogones estudiados muestran corresponden con la cronología planteada para el periodo de abandono del sitio y de toda la región, sosteniendo la propuesta de un colapso prácticamente simultáneo en la toda sección norte de la Frontera Occidental Mesoamericana entre los años 900 d.C. y 1100 d.C., es decir hacia finales del periodo Epiclásico mesoamericano.

Palabras clave: arqueomagnétismo, El Ocote, cronología absoluta, Mesoamérica.

ABSTRACT

*El Ocote is a pre-Hispanic settlement distributed on the top and slopes of Los Tecuanes hill, to the southwest of the capital of the State of Aguascalientes, Mexico. Early archaeological survey pointed out that the site was developed during the Epiclassic period, between 650 and 900 AD. Still, the site lacks reliable absolute chronological data. An archaeomagnetic sampling involved two fire pits located on the site. 98 cubic specimens were prepared and the natural remanent magnetization of all of them was measured. Subsequently, a demagnetization process was carried out by alternating fields up to 90 mT to eliminate secondary magnetizations and obtain their primary, characteristic mean archaeodirections. Additionally, rock-magnetic experiments were carried out that included: thermomagnetic curves, hysteresis cycles and isothermal remanent magnetization curves, obtained using a Curie Balance, in order to define the nature of the magnetic carriers responsible for thermoremanent magnetization. The mean directions were calculated for both fire pits and compared to the global geomagnetic model SHA.DIF.14K, yielding time intervals 914 AD - 1079 AD and 924 AD - 1102 AD for the first and second fire pits respectively, which represent the most probable age of their last use. In addition, the directions obtained were also compared with the SHAWQ2k global geomagnetic model and the local paleosecular variation curve of Mahgoub *et al.*, 2019. Six radiometric ages are also reported for first time. The radiometric ages belong to carbon remains located in different fire pits located on the site and also correspond to the Mesoamerican Epiclassic period. The ages obtained for both fire pits show rather good agreement with the chronology proposed for the time of abandonment of the site and of the entire region, supporting the proposal of an almost simultaneous collapse in the northern section of the western Mesoamerican border between 900 AD. and 1100 AD.*

Keywords: sample, archaeomagnetism. El Ocote, absolute Chronology, Mesoamerica.

1. Introducción

Cuarenta kilómetros al Suroeste de la capital del Estado de Aguascalientes, México, sobre las inmediaciones de la Sierra del Laurel, la cual forma parte de la Sierra Madre Occidental, entre las comunidades ejidales El Ocote y El Centro, se ubica el cerro Los Tecuanes. En la cima y laderas de este cerro se asentó un antiguo poblado prehispánico, denominado El Ocote (Palacios, 2019). Este tipo de asentamientos suele observarse en algunos sitios prehispánicos del Occidente de México que conforman la Frontera Norte Mesoamericana, como es el caso de El Cóporo, ubicado sobre el cerro del mismo nombre en Guanajuato, o el sitio La Quemada, localizado sobre el cerro Los Edificios en Zacatecas.

Los trabajos de investigación arqueológica de este sitio iniciaron en el año 2000, de la mano de los arqueólogos adscritos al Centro INAH-Aguascalientes; Ana María Pelz Marín y Jorge Luis Jiménez Meza. De las investigaciones realizadas se ha obtenido información valiosa que confirma la participación del territorio de actual Estado de Aguascalientes en el pasado prehispánico de México (Palacios, 2009).

Resultado de sus exploraciones realizadas en el sitio, identificaron dos áreas principales de actividad: la zona ceremonial, sobre la cima del cerro, en la que se exploraron dos estructuras y una plataforma, sobre las cuales se encontraron materiales líticos, cerámicos, bajareque y restos humanos; y la zona habitacional-doméstica, ubicada al pie del cerro, en la que se identificaron restos de cimentaciones y materiales relacionados en su mayoría con la actividad doméstica: fogones, objetos de molienda, restos óseos de animales (aves, conejos, tortugas y venados), herramientas elaboradas con obsidiana, sílex y riolita, vasijas y figurillas de barro, así como algunos instrumentos de hueso (Palacios, 2019).

Se identificó también la presencia de restos de semillas quemadas y mazorcas relacionadas a pisos de tierra apisonada, con firme de gravilla. De igual forma, se identificaron huellas de postes, bases de columnas, desniveles entre las habitaciones, escaleras, así como herramientas asociadas a la actividad constructiva, como hachas, plomadas y pulidores de paredes y pisos (Pelz *et al.*, 2011). El Ocote fue un asentamiento sedentario que practicó la agricultura, la pesca, la alfarería y la caza; intercambiando productos principalmente con la

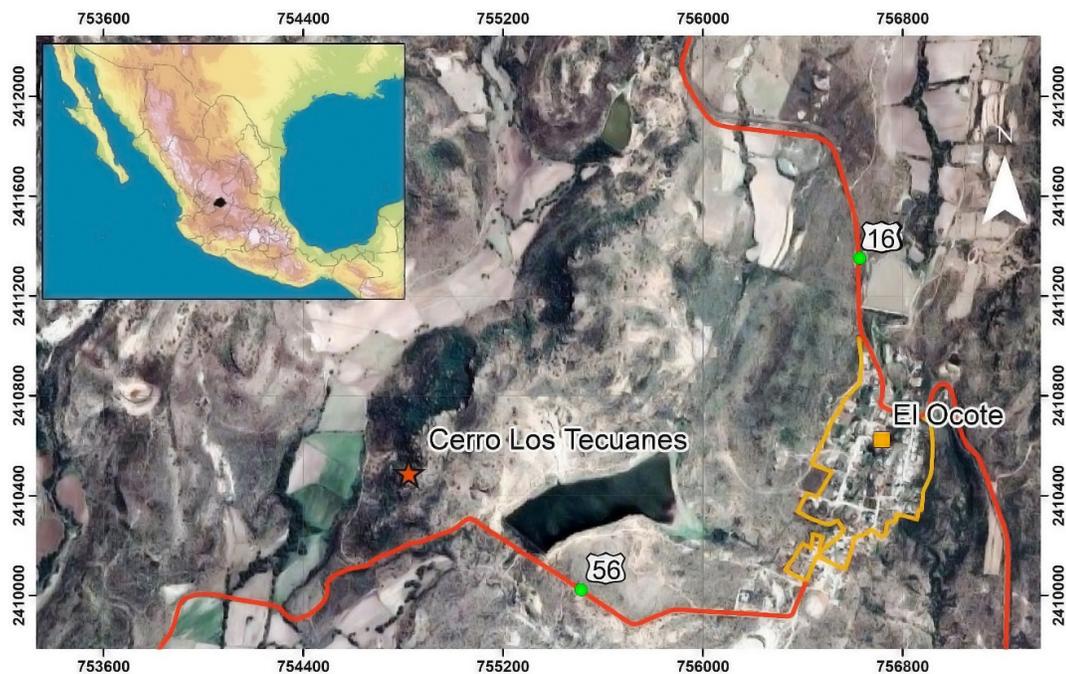


Figura 1 Mapa de ubicación del sitio arqueológico El Ocote. La estrella en color rojo indica el sitio de muestreo.

zona de occidente, las costas y la región del Bajío (Cejudo *et al.*, 2019).

En el año 2019 Cejudo *et al.*, (2019) reportan los resultados de un estudio arqueomagnético realizado en un piso aparentemente quemado localizado dentro del cuadrante I, descrito previamente. Los parámetros paleodirección media que obtuvieron, Dec = 351.9°, Inc = 34.8, $\alpha_{95} = 4.3^\circ$, fueron comparados con el modelo geomagnético global SHA.DIF.14k obteniendo el intervalo de 916 d.C. a 1088 d.C. como la edad más probable de la última exposición al fuego del piso estudiado. Esta edad permitió definir la ocupación tardía del sitio ya que edades rediométricas disponibles en ese momento (600 d.C. a 900 d.C.) corresponden al desarrollo temprano del asentamiento (Cejudo *et al.*, 2019). Por su parte, García-Ruiz *et al.* (2020) realizaron caracterización magnética, geoquímica y colorimétrica de fragmentos cerámicos previamente recolectados durante una exploración en el Cerro Los Tecuanes llevada a cabo por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Se analizaron nueve tiestos o tepalcates clasificados, según su color, como Bayo, Café Pulido, Crema, Gris, Guinda, Negro Pulido, Naranja, Rojo Bruñido y Rojo Pulido. En ese trabajo se concluyó que los fragmentos estudiados fueron elaborados a partir de arcillas producidas *in situ* y, por lo tanto, se trataba de cerámicas de producción local, ya que los minerales identificados predominan en los afloramientos de la región (García-Ruiz *et al.*,

2020). En un estudio arqueomagnético posterior, García-Ruiz *et al.*, (2021) analizaron los fragmentos cerámicos con la finalidad de obtener su arqueointensidad y poder estimar a partir de ella, la edad arqueomagnética más probable para su fabricación. Obtienen cinco intervalos de edades probables de los nueve tiestos estudiados: Crema (416-988 d.C.), Rojo Pulido (138-1175 d.C.), Gris (499- 843 d.C.) y Bayo (504- 839 d.C.). A pesar de que estas edades tienen una calidad relativamente baja y corresponden al periodo Epiclásico lo cual se ajusta con los estudios arqueológico previos.

La evidencia cronológica anterior indica que el sitio El Ocote tuvo su desarrollo durante el periodo Epiclásico, entre los años 650 d.C. y 900 d.C. y, en consecuencia, fue participante de la dinámica cultural prehispánica de la región Centro-Norte-Occidente (Pelz y Jiménez, 2013). Si bien aún no es posible definir la edad de la llegada de los primeros pobladores del asentamiento, es claro que fueron grupos anteriores a las tribus Chichimeca (Pelz y Jiménez, 2013; Pelz, 2014).

Esta falta de información cronológica absoluta confiable sobre el desarrollo y abandono del sitio, así como las interpretaciones sobre la dinámica cultural de esta parte de Mesoamérica, motivaron este nuevo estudio arqueomagnético realizado en algunos fogones (conocidos regionalmente como Tlecuiles) disponibles en diferentes espacios del asentamiento que permita delimitar con más detalle la cronología del sitio El Ocote.

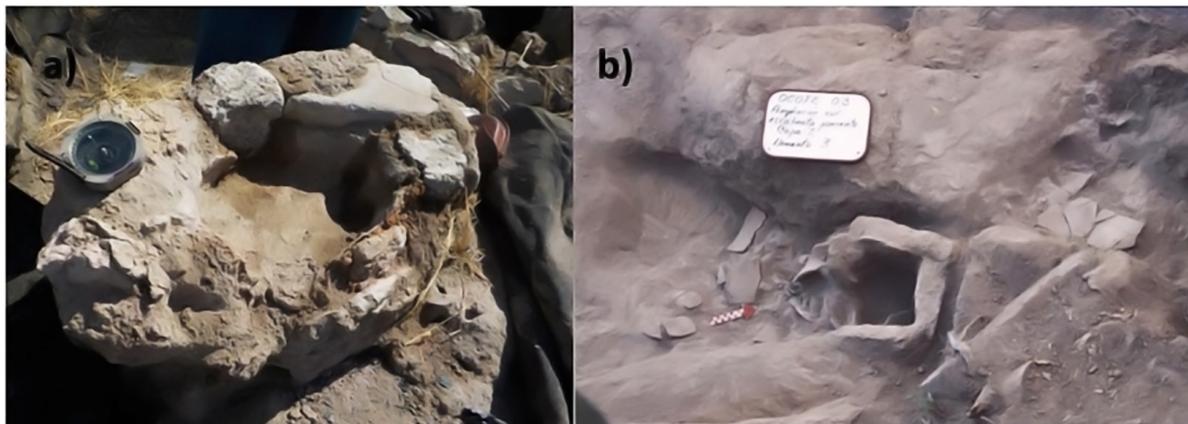


Figura 2 a) Detalle de muestreo del fogón 1 y b) Detalle de muestreo del fogón 2.

2. Muestreo arqueomagnético

En Julio de 2021 se llevó a cabo una campaña de muestreo arqueomagnético en el sitio arqueológico El Ocote (Figura 1). Se trata de dos fogones identificados previamente durante los trabajos de exploración realizados por la arqueóloga Ana Pelz Marín y el arqueólogo Jorge Jiménez. La primera muestra (fogón1) se ubicó sobre el Cuadrante I, específicamente en el Cuadro M-8 de la cuadrícula de control para excavación, en la Capa II, sobre el primer piso registrado (Figura 2). Este fogón se encontraba próximo a restos de semillas quemadas del mismo modo que se han encontrado cerca de otras estructuras o formas similares del sitio y que se han interpretado también como fogones, no se encontraron cenizas o fragmentos de carbón en su interior. Este espacio (Cuadrante I) se ha interpretado como un área destinada a diferentes actividades asociadas a la transformación y manufactura de objetos cerámicos, líticos, lapidarios, sobre moluscos y tal vez sobre pieles y fibras. Dicho fogón es de forma circular, con las paredes muy bien alisadas, recubiertas con sedimento local.

La segunda muestra (fogón 2) se localizó sobre la parte alta del cerro, se observa que la estructura del fogón fue colocada aprovechando un espacio entre dos grandes rocas, en el que se insertaron tres piedras para formar un cuadrángulo abierto

hacia la parte sur. Tampoco se encontraron restos de ceniza o carbón; aunque, asociada al fogón se encontró una olla monocroma fragmentada y a poca distancia, metates ápodos (llamados localmente “huilanches”), pulidores y tiestos cerámicos. En este caso, el contexto fue totalmente doméstico. La forma cuadrangular de este elemento es muy común en los sitios del norte del territorio; a este tipo de elemento también se le conoce como “tecuil”.

3. Procedimientos de laboratorio

Una vez en el laboratorio, las muestras fueron encapsuladas en cubos de yeso de aproximadamente 12 cm de lado para su posterior corte en especímenes cúbicos más pequeños de 1.8 cm de lado. Posteriormente, los especímenes fueron colocados y etiquetados dentro de cubos de acrílico transparente de 2 cm de lado. En total se obtuvieron 98 especímenes cúbicos, 30 correspondientes al fogón 1 y 68 al fogón 2.

Con la finalidad de identificar la naturaleza de los portadores magnéticos responsables de la magnetización termorremanente presente en las muestras estudiadas, se realizaron experimentos de magnetismo de roca: curvas termomagnéticas continuas, ciclos de histéresis y curvas de magnetización remanente isotermal (IRM), con ayuda

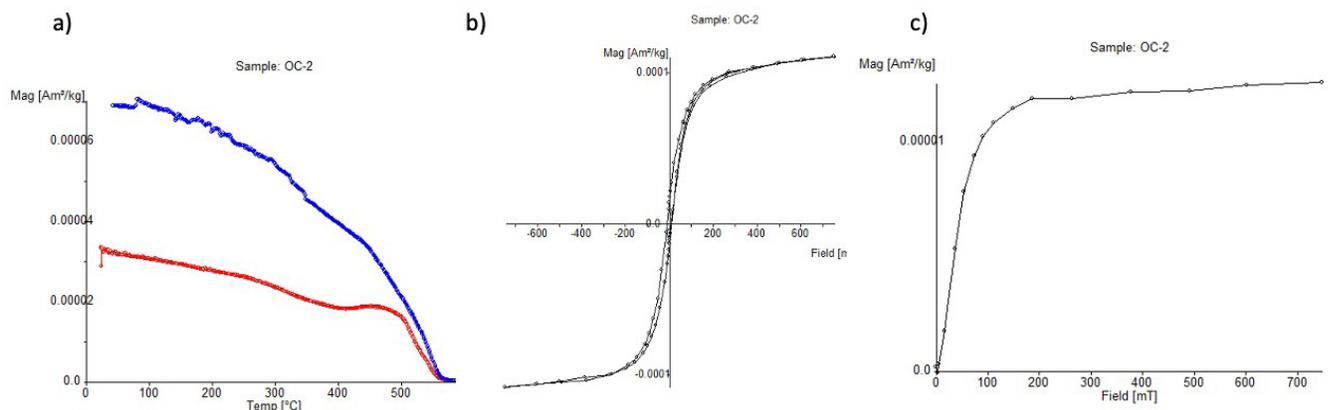


Figura 3 Caracterización de la mineralogía magnética del fogón 1 mediante la Balanza de Curie, a) curva termomagnética; curva de calentamiento en rojo y de enfriamiento en azul, b) Ciclo de histéresis, c) Curva de magnetización isotermal (IRM).

de una balanza magnética VFTB (Variable Field Translation Balance, por sus siglas en inglés) marca Mag-Instruments.

La magnetización remanente natural (NRM, por sus siglas en inglés) fue medida a los 98 especímenes utilizando un magnetómetro de giro AGICO JR6. Posteriormente, los especímenes fueron desmagnetizados mediante un proceso de desmagnetización por campos alternos utilizando un desmagnetizador AGICO LDA 3 aplicando campos desde 5 hasta 90 mT. La magnetización remanente característica (ChRM, por sus siglas en inglés) de cada espécimen fue calculada mediante el análisis de componentes principales (Kirschvink, 1980), con por lo menos cuatro pasos del proceso de desmagnetización. El cálculo de las direcciones medias, así como de sus parámetros asociados, se realizó siguiendo la estadística de Fisher (1953). Finalmente, las direcciones medias obtenidas fueron comparadas con los modelos geomagnéticos globales y curva local disponible mediante la herramienta implementada en Matlab (Pavón-Carrasco *et al.*, 2011).

4. Resultados

La curva termomagnética obtenida de una muestra correspondiente al fogón 1 presenta un comportamiento claramente irreversible y se

distinguen tres fases termomagnéticas durante el calentamiento (las primeras dos muy pobremente definidas mediante el análisis de la segunda derivada) con temperaturas de Curie aproximadas de $T_{C1} = 400^{\circ}\text{C}$, $T_{C2} = 500^{\circ}\text{C}$ y $T_{C3} = 585^{\circ}\text{C}$ (Figura 3). La última fase, la mejor definida por la caída súbita de la magnetización, indica la presencia de magnetita. En el caso del fogón 2, la curva presenta un comportamiento reversible, con un ligero aumento en su magnetización al momento de enfriarse a temperatura ambiente. Se observa una fase termomagnética que alcanza una temperatura de Curie (T_c) cercana a los 570°C . Tal comportamiento corresponde a la presencia de titanomagnetita con muy bajo contenido de titanio, la cual se oxida parcialmente durante el calentamiento (Figura 4). En las curvas de magnetización remanente isotermal (IRM) de ambos fogones, se observa que la magnetización de saturación se alcanza antes de los 300 mT, lo que confirma la presencia de granos ferrimagnéticos.

Los parámetros de histéresis magnética obtenidos para el fogón 1 fueron:

$$\frac{M_{rs}}{M_s} = 0.23 \text{ y } \frac{H_{cr}}{H_c} = 2.79$$

Mientras que para el fogón 2 fueron:

$$\frac{M_{rs}}{M_s} = 0.14 \text{ y } \frac{H_{cr}}{H_c} = 3.04$$

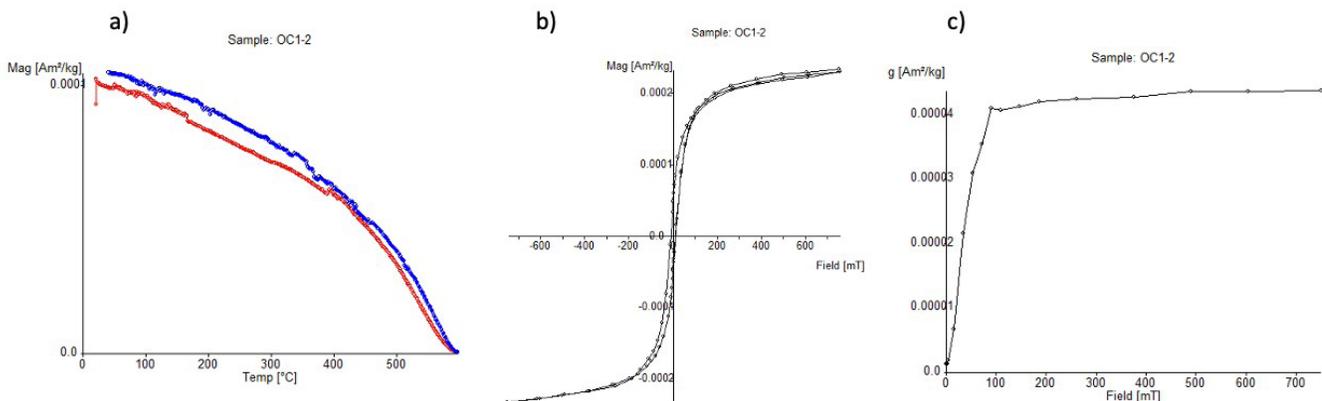


Figura 4 Caracterización de la mineralogía magnética del fogón 1 mediante la Balanza de Curie, a) curva termomagnética; curva de calentamiento en rojo y de enfriamiento en azul, b) Ciclo de histéresis, c) Curva de magnetización isotermal (IRM).

Al graficar estos parámetros en el diagrama de Day (Day *et al.*, 1977) puede concluirse que los responsables de la magnetización de ambos fogones son granos de titanomagnetita pobre en titanio, de baja coercitividad y de tamaño de grano de pseudo dominio sencillo (Day *et al.*, 1977 ver también Parry, 1982 y Dunlop, 2002).

Luego del proceso de desmagnetización realizado a los especímenes provenientes del fogón 1 (30 en total), se observa en los diagramas ortogonales la existencia de una magnetización con una sola componente que se dirige linealmente hacia el origen de coordenadas la cual es casi totalmente que es casi totalmente desmagnetizada al aplicar campos alrededor de 50 mT y en algunos casos hasta los 90 mT. En unas pocas muestras se aprecian pequeñas magnetizaciones secundarias de origen viscoso que fueron fácilmente removidas al aplicar campos de 5 a 10 mT. (Figura 5).

En el caso de los especímenes correspondientes al fogón 2 (68 en total), 46 de ellos presentaron un comportamiento caótico e inestable, acompañado de magnetizaciones secundarias o viscosas fuertes (Figuras 6 y 7). Aunque en algunos casos fue técnicamente posible determinar las magnetizaciones primarias, estas presentaban una alta dispersión por lo que fueron descartados para este estudio. En total para este fogón fueron considerados 22 especímenes los cuales mostraron un comportamiento estable y fue posible

calcular su dirección media. Al igual que en las muestras del fogón 1, en algunos casos se aprecian pequeñas magnetizaciones secundarias de origen viscoso que fueron removidas aplicando campos de 5 a 10 mT.

La dirección característica (ChRM, por sus siglas en inglés) de cada uno de los especímenes seleccionados se calcularon mediante el método de componentes principales utilizando de cuatro a diez puntos vectoriales con valores de desviación angular máxima (MAD, por sus siglas en inglés) entre 2.2° y 6.1°.

La dirección media obtenida para el fogón 1 se obtuvo a partir de 28 de 30 especímenes, que dan una Inc=28.0° y Dec=342.0° con parámetros de precisión $k=113.35$ y $\alpha_{95}=2.6^\circ$. En el caso del fogón 2, la dirección media se obtuvo a partir de 22 de 68 especímenes, que dan una Inc=21.4° y Dec=335.9° con los parámetros $k=21.73$ y $\alpha_{95}=6.8^\circ$ (Figura 8).

Ambas direcciones medias fueron comparadas con el modelo geomagnético global SHA. DIF.14K (Pavón-Carrasco *et al.*, 2014) mediante la herramienta de datación implementada en Matlab (Pavón-Carrasco *et al.*, 2011), lo que permitió obtener los intervalos de edad de 914-1079 d.C. para el fogón 1 y de 924-1102 d.C. para el fogón 2, (Figuras 9 y 10). Estos intervalos representan la edad más probable del último uso o calentamiento de cada fogón.

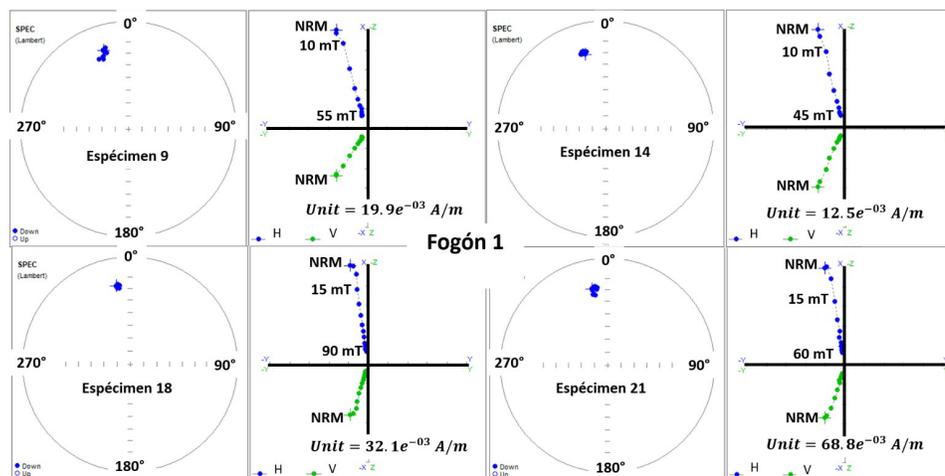


Figura 5 Diagramas ortogonales de desmagnetización por campos alternos representativos del comportamiento de las muestras correspondientes al fogón1 durante el proceso de desmagnetización por campos alternos.

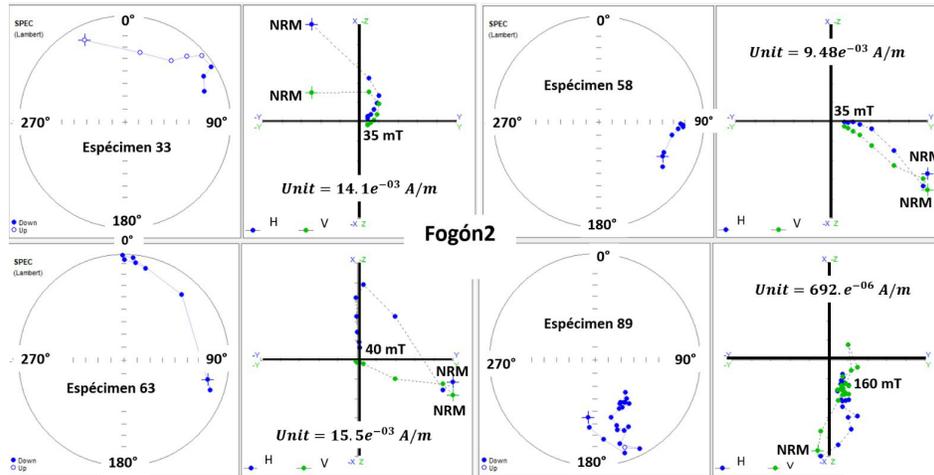


Figura 6 Diagramas de desmagnetizaciones por campos alternos representativos de los especímenes que fueron descartados para el fogón 2 por presentar un comportamiento caótico e inestable durante el proceso de desmagnetización por campos alternos además de la alta dispersión de sus direcciones.

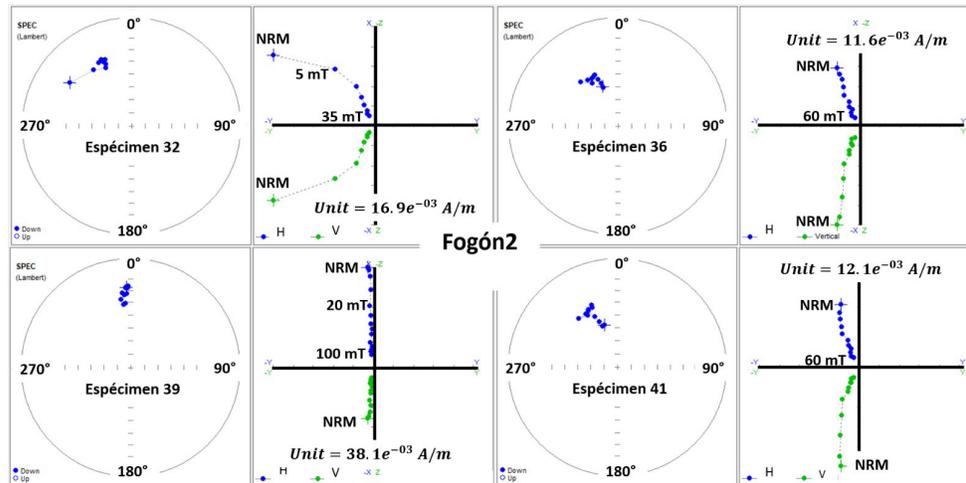


Figura 7 Diagramas de desmagnetización por campos alternos representativos de los especímenes considerados para llevar al cabo el cálculo de las direcciones medias para el fogón 2.

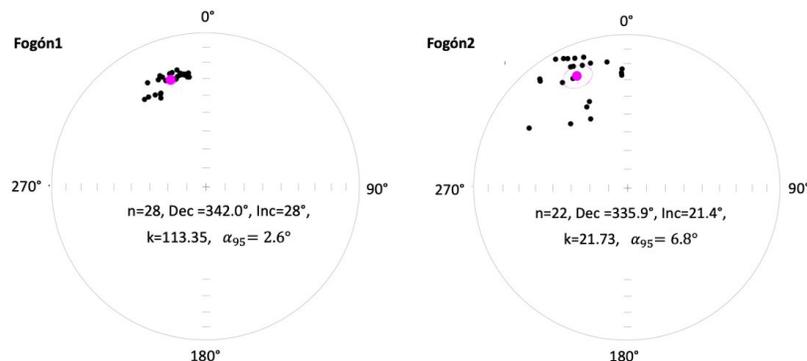


Figura 8 Direcciones medias calculadas para ambos fogones con sus respectivos parámetros de precisión.

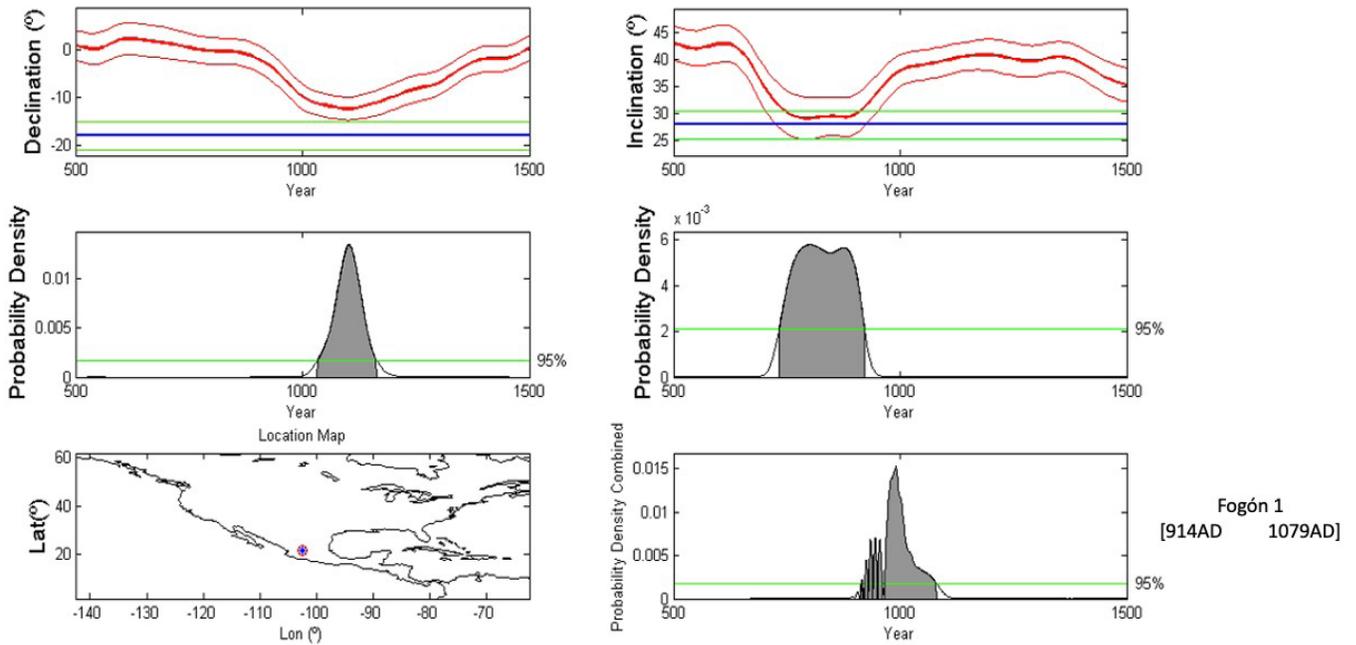


Figura 9 Ejercicio de datación correspondiente al fogón 1 (914-1079 AD) utilizando el modelo geomagnético global SHA.DIF.14K.

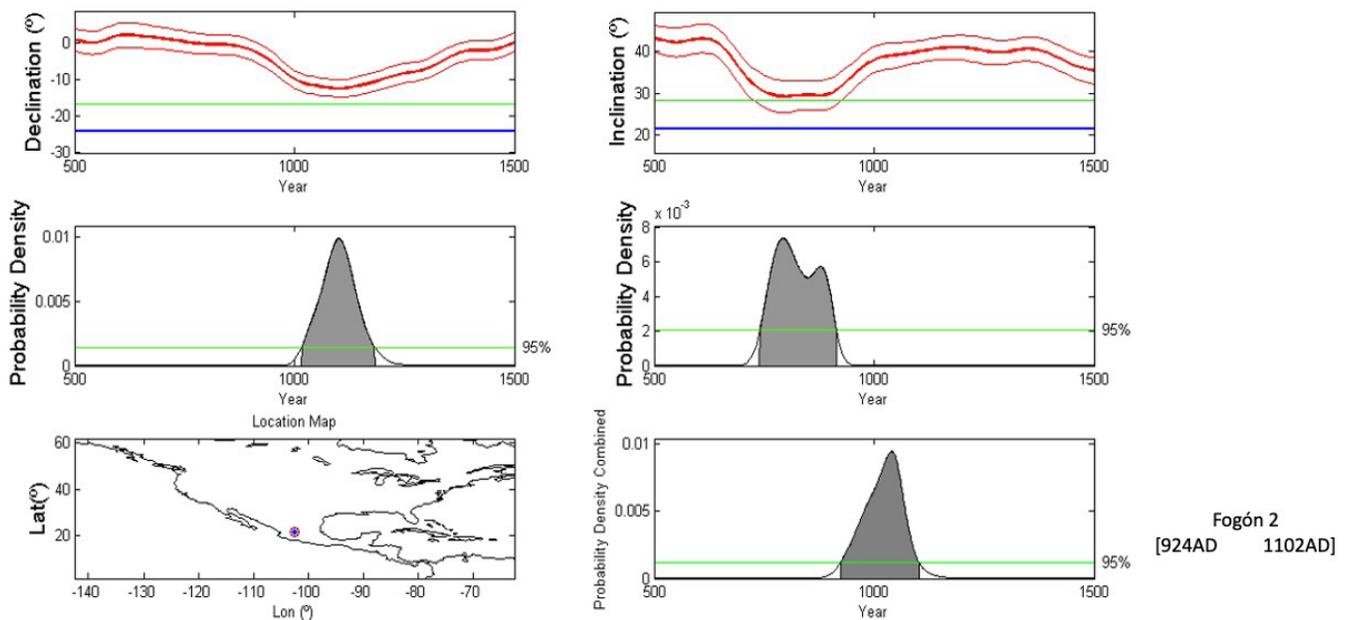


Figura 10 Ejercicio de datación correspondiente al fogón 2 (924-1102 AD) utilizando el modelo geomagnético global SHA.DIF.14K.

5. Discusión y consideraciones finales

Dada la alta calidad técnica en las determinaciones de las direcciones y con la finalidad de obtener un intervalo de edad más estrecho, las paleodirecciones medias obtenidas fueron comparadas también con el modelo geomagnético global SHAWQ2k (Campuzano *et al.*, 2019), el cual se basa en una estricta revisión de los datos arqueomagnéticos y volcánicos globales disponibles. Este nuevo modelo presenta una mejor descripción del campo geomagnético durante los últimos dos milenios (Campuzano *et al.*, 2019). Se obtuvieron dos intervalos de edad probable para el fogón 1, 860-1018 d.C. y 1032-1146 d.C. (Figura 11), de los cuales el primero tiene un mejor ajuste a la edad esperada. En el caso del fogón 2 se obtuvieron también dos intervalos colindantes; 766-821 d.C. y 861-1044 d.C., (Figura 12), de estos el segundo

tiene un mejor ajuste a la edad esperada. Las edades obtenidas con este modelo se encuentran dentro del intervalo esperado y son concordantes con las obtenidas mediante el modelo SHA.DIF.14K.

De la misma forma, las paleodirecciones medias obtenidas para ambos fogones fueron comparadas con la Curva de Variación Paleosecular (CVPS) local de Mahgoub *et al.*, (2019), la cual se basa en datos de lavas históricas y de artefactos arqueológicos expuestos al fuego en territorio mesoamericano durante los últimos 46 000 años. Se obtuvieron dos intervalos de edad probable para el fogón 1: 675-696 d.C. y 985-041 d.C., (Figura 13), de los cuales, el segundo se ajusta al intervalo esperado. En el caso del fogón 2 se obtuvieron los intervalos 928-1080 d.C. y 1320-1349 d.C., (Figura 14), de los cuales, el primero corresponde al intervalo de edad esperada. Todos los intervalos obtenidos coinciden con las edades propuestas por los anteriores modelos geomagnéticos globales.

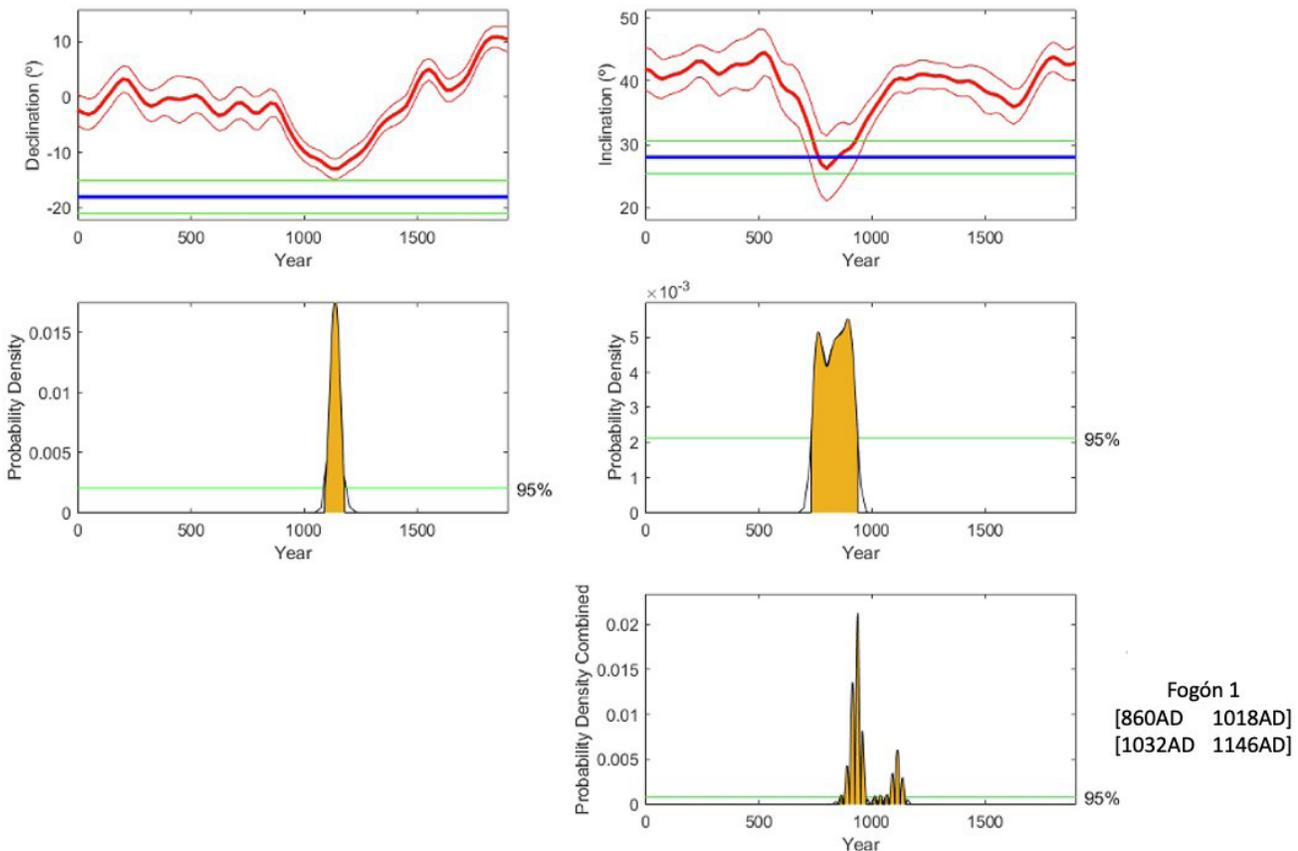


Figura 11 Ejercicio de datación correspondiente al fogón 1 con el modelo geomagnético SHAWQ2k (Campuzano *et al.*, 2019).

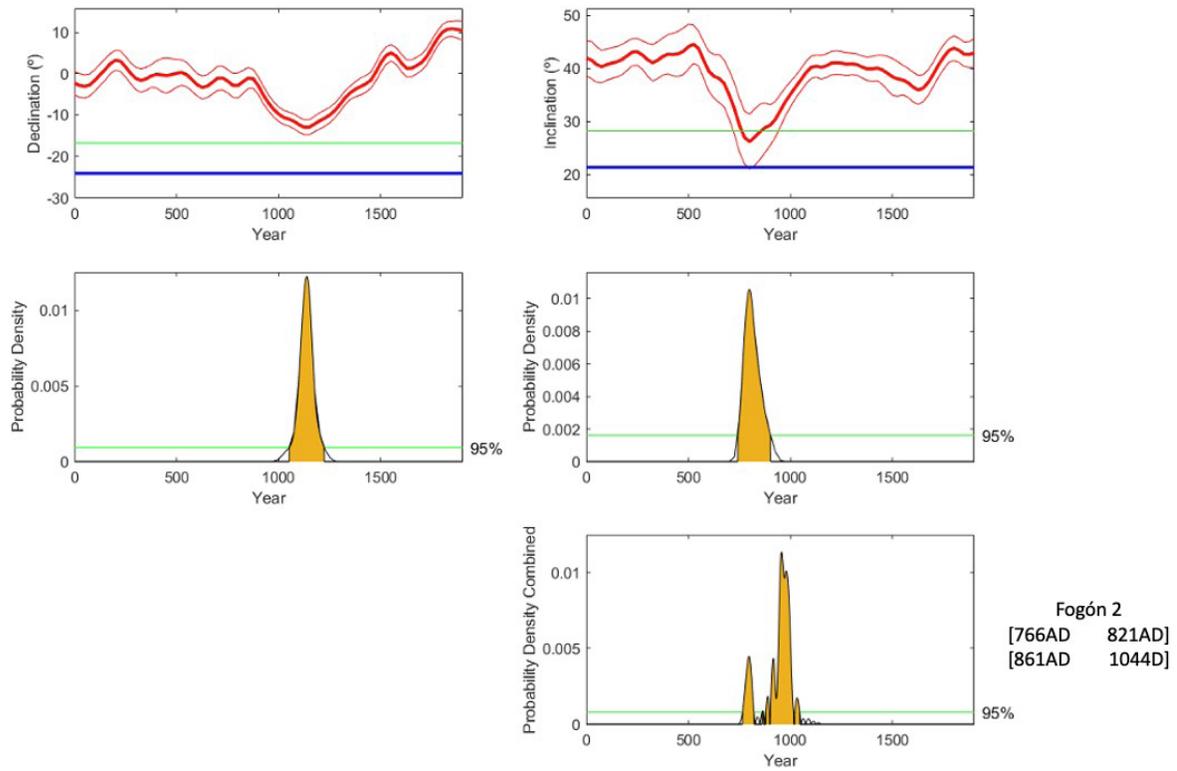


Figura 12 Ejercicio de datación correspondiente al fogón 2 con el modelo geomagnético SHAWQ2k (Campuzano *et al.*, 2019).

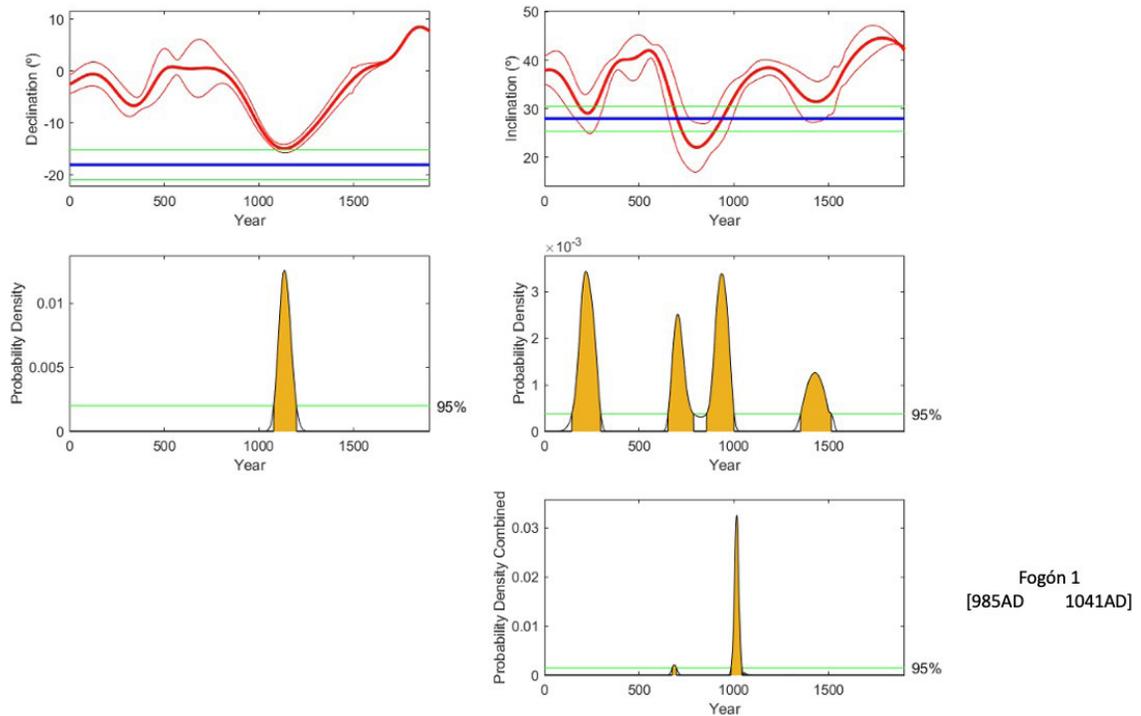


Figura 13 Ejercicio de datación correspondiente al fogón 1 985-1041 AD con la CVPS local de Mahgoub *et al.*, (2019).

Tabla 1. Resumen de los intervalos de edad obtenidos en los ejercicios de datación arqueomagnética utilizando dos modelos geomagnéticos globales y una CVPS local.

Artefacto	Ubicación	Modelo de datación (d.C.)		
		SHA.DIF.14K	SHAWQ2k	MHG2019
Fogón 1	Cuadro M8, Capa II	914 - 1079	860 - 1018 1032 - 1146	985 - 1041
Fogón 2	Plataforma 2	924 - 1102	766 - 821 861 - 1044	928 - 1080

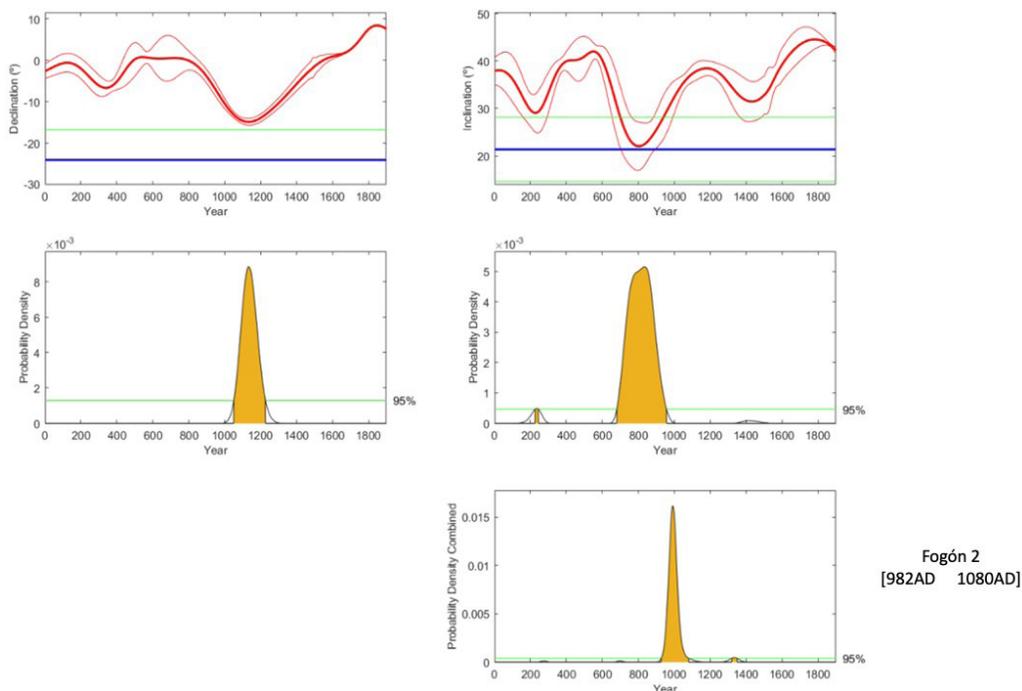


Figura 14 Ejercicio de datación correspondiente al fogón 2 con la CVPS local de Mahgoub *et al.*, 2019.

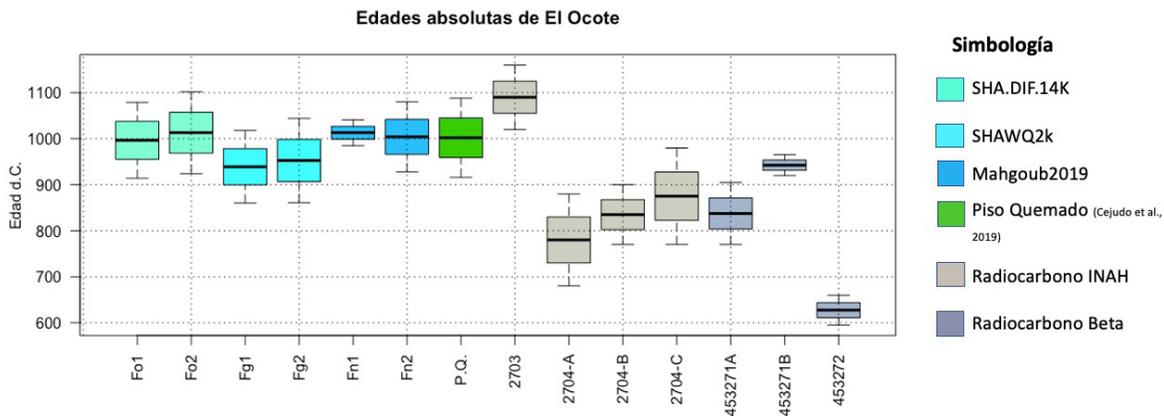


Figura 15 Gráfica de edades absolutas obtenidas para el sitio El Ocote, se muestran edades obtenidas por el método arqueomagnético para los dos fogones utilizando dos modelos geomagnéticos globales (SHA.DIF.14K y SHAWQ2k) y la CVPS local (Mahgoub *et al.*, 2019).

Tabla 2. Edades obtenidas por radiocarbono mediante el laboratorio del INAH y por el laboratorio Beta Analytic Inc.

Edades obtenidas por radiocarbono				
Artefacto	Material	Etiqueta de lab.	Ubicación	Edad 95% de probabilidad (d.C.)
Fogón	Carbón	INAH-2703	Cuadro L2 Capa III	1020 – 1160
	Carbón	INAH-2704-A	Cuadro M1 capa III	680 – 880
Fogón	Carbón	INAH-2704-B	Cuadro L-M- 1/2 Capa III	770- 900
Fogón	Carbón	INAH-2704-C	Cuadro M1 capa III	770 – 980
	Material vegetal	Beta-453271	Cuadro M8 Capa III	770 – 905 920 – 965
	Material carbonizado	Beta-453272	Cuadro M7 Capa III	595 – 660

Los intervalos de edad obtenidos por el método arqueomagnético para los dos fogones, utilizando los dos modelos geomagnéticos globales y la CVPS local, coinciden entre sí, y además se ajustan a la edad esperada por los arqueólogos dentro del final del periodo Epiclásico (Tabla 1).

Adicionalmente se obtuvieron cuatro edades radiométricas (mediante el Laboratorio de Radiocarbono del Instituto Nacional de Antropología e Historia) de las muestras de carbón recolectadas en los fogones, las cuales fueron calibradas utilizando el programa Oxcal con el 95% de probabilidad. La muestra INAH-2703 arrojó un intervalo de 1020-1160 d.C. La muestra INAH-2704-A la edad 680-880 d.C., la muestra INAH-2704-B la edad 770-900 d.C., y la muestra INAH-2704-C el intervalo 770-980 d.C. Dos edades más fueron obtenidas por el laboratorio Beta Analytic Inc. Con sede en Miami, Florida, las cuales fueron calibradas utilizando la curva INTCAL13 con el 95% de probabilidad. La muestra Beta-453271 arrojó los intervalos 770- 905 d.C. y 920-965 d.C., aunque la muestra Beta-453272 proporciono la edad 595-660 d.C. Todas las edades radiométricas obtenidas se ubican temporalmente dentro del periodo Epiclásico. Sin

embargo, la edad correspondiente a la muestra INAH-2703 presenta una edad notablemente más joven que las demás (Tabla 2).

El sitio arqueológico El Ocote es uno de los numerosos asentamientos prehispánicos que conforman la Frontera Noroeste de Mesoamérica, la cual fue posiblemente ocupada durante el periodo 200-900 d.C y presentó su pico de crecimiento poblacional durante el periodo 600 a 900 d.C. Se ha propuesto que el desarrollo y posterior colapso de las sociedades agrícolas sedentarias en la zona fue impulsado por el cambio climático regional (Palerm y Wolf, 1972; Armillas, 1964, 1969). Sin embargo, estudios más recientes han cuestionado seriamente dicha propuesta, planteando la posibilidad de que el colapso cultural se originó en el borde sur de la frontera debido a la degradación antropogénica, y luego se extendió hacia el Norte (Elliott, 2012).

De los asentamientos que conforman la Frontera Noroeste de Mesoamérica, El Ocote se localiza hacia el norte, en el punto medio de dos grandes e importantes complejos: La Quemada y El Cópore, los cuales han sido objeto de estudios arqueomagnéticos (López-Delgado *et al.*, 2019; Torreblanca *et al.*, 2020; García-Pimentel *et al.*,

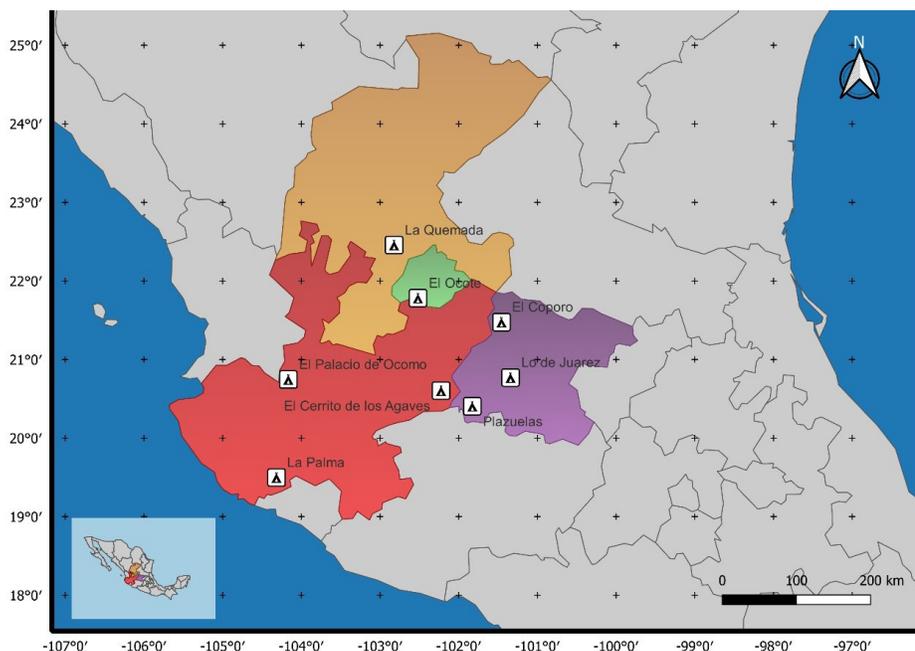


Figura 16 Mapa que muestra la ubicación de El Ocote respecto a otros sitios arqueológicos de la Frontera Noroeste Mesoamericana. Nótese, particularmente, su ubicación respecto a los sitios La Quemada y El Cópore.

2020), que han arrojado cronologías absolutas que coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo.

Las edades arqueomagnéticas obtenidas en este trabajo muestran total concordancia con la cronología planteada para la época de abandono del sitio y la región (Figura 15). Además, representan la obtención de datos absolutos que sostienen la propuesta de un colapso contemporáneo en la sección norte de la Frontera Occidental Mesoamericana, pues las edades indican que ambos fogones fueron utilizados contemporáneamente en el sitio, y que posiblemente, su cultura se extinguió entre los años 900 d.C. y 1100 d.C., es decir, hacia finales del periodo Epiclásico mesoamericano (Figura 16).

Contribución de los autores

Este artículo fue preparado por Alejandra García-Pimentel (AGP), Rubén Cejudo (RC), Avto Goguitchaichvili (AG), Miguel Cervantes Solano

(MCS), Ana Pelz (AP), Rafael García Ruíz (RGR), Juan Morales (JM) y Francisco Bautista (FB), específicamente, (1) Conceptualización: AGP, RC, AG, MCS (2) análisis y adquisición de datos: AP, RGR; (3) desarrollo metodológico/técnico JM, FB. (4) redacción del manuscrito original y editado: AGP, RC, AG, MCS, AP, RGR, JM y FB.

Financiamiento

Este trabajo fue financiado mediante el proyecto de ciencia básica CONACYT CF 2019-1761.

Agradecimientos

Avto Goguitchaichvili agradece el apoyo de DGAPA-UNAM durante la estancia sabática.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés

Referencias

- Armillas, P., 1964, Condiciones ambientales y movimientos de pueblos en la frontera septentrional de Mesoamérica, en Homenaje a Fernando Márquez-Miranda, arqueólogo e historiador de América. Ofrenda De Sus Amigos Y Admiradores: España, Universidad Complutense de Madrid, 62-82.
- Armillas, P., 1969, The Arid Frontier of Mexican Civilization: Transactions of The New York Academy of Sciences, 31 (6), 697-704. <https://doi.org/10.1111/j.2164-0947.1969.tb01993.x>
- Campuzano, S.A., Gómez-Paccard, M., Pavón-Carrasco, F.J., Osete, M.L., 2019, Emergence and evolution of the South Atlantic Anomaly revealed by the new paleomagnetic reconstruction SHAWQ2k: Earth and Planetary Science Letters, 512, 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.01.050>
- Cejudo-Ruíz, R., García-Ruíz, R., Pelz-Marín, A., Goguitchaichvili, A., Morales J., Cervantes-Solano, M., Bautista-Zúñiga, F., 2019, Intervención arqueomagnética en El Ocote (Aguascalientes, México): implicaciones cronológicas absolutas: Arqueología Iberoamericana, 44, 3-9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3595451>
- Day, R., 1977, TRM and its variation with grain size, in Dunlop, D.J. (ed.), Origin of Thermoremanent Magnetization. Advances in Earth and Planetary Sciences, vol 1: Dordrecht, Springer, 1-33. https://doi.org/10.1007/978-94-010-1286-7_1
- Dunlop, D.J., 2002, Theory and application of the Day plot (M_{rs}/M_s versus H_{cr}/H_c) 1. Theoretical curves and tests using titanomagnetite data: Journal of Geophysical Research, Solid Earth, 107(B3), 1-22. <https://doi.org/10.1029/2001jb000486>
- Elliott, M., 2012. An anthracological approach to understanding late classic period cultural collapse in Mesoamerica's northwestern frontier, in Badal, E., Carrión, Y., Macías, M., Ntinou, M. (Coords.), Wood and Charcoal: Evidence for Human and Natural History (SAGVTVM Extra, n°13): Spain, Department de Prehistòria i Arqueologia, Universitat de Valencia, 217-226.
- Fisher, R., 1953, Dispersion on a Sphere: Proceedings of the Royal Society A Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 217 (1130), 295-305. <https://doi.org/10.1098/rspa.1953.0064>
- García-Pimentel, A., Goguitchaichvili, A., Torreblanca, C., Cejudo, R., Kravchinsky, V., García, R., Morales, J., Cervantes, M., 2020, The memory of fire in El Coporo (Northern Mesoamerica): Apogee and abandonment: Journal of Archaeological Science, 30, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102274>
- García-Ruíz, R., Cejudo, R., Marín, A.P., Hernández-Bernal, M. S., Bautista, F., Goguitchaichvili, A., Morales, J., 2020, Caracterización magnética, geoquímica y colorimétrica de la cerámica de El Ocote (Aguascalientes, México): Arqueología Iberoamericana, 46, 3-10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3930438>
- García-Ruiz, R., Morales, J., Cervantes-Solano, M., Goguitchaichvili, A., Pelz-Marín, A., Cejudo, R., Bautista, F., 2021, Cerámica de El Ocote (Aguascalientes, México): sobre la relación entre la estimación de la arqueointensidad geomagnética y el color: Arqueología Iberoamericana, 47, 115-127. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4615298>
- Kirschvink, J., 1980, The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data: Geophysical Journal International, 62, 699-718. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.1980.tb02601.x>
- López-Delgado, V., Goguitchaichvili, A., Torreblanca, C., Cejudo, R., Jimenez, P., Morales, J., Soler, A.M., 2019, La Quemada: Decline and abandonment in two stages on the classic period northern frontier of Mesoamerica: Journal of Archaeological

- Science, 24, 574-581. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.02.013>
- Mahgoub, A.N., Juárez-Arriaga, E., Böhnelt, H., Siebe, C., Pavón-Carrasco, F.J., 2019, Late-Quaternary secular variation data from Mexican volcanoes: Earth and Planetary Science Letters, 519, 28-39. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.05.001>
- Palacios, M.A., 2009, Aguascalientes prehispánico. Un testimonio plasmado en piedra: Horizonte Histórico, 1, 29-38. <https://doi.org/10.33064/hh.vi1.152>
- Palacios, M.A., 2019, Arte rupestre del septentrión mesoamericano: Iconografía y arqueología del paisaje. El caso de El Ocote, Aguascalientes, México, en Lara Galicia, A. (Coord.), Las manifestaciones rupestres en México. Técnica, iconografía y paisaje: España, Universidad Pablo de Olavide, 296-317.
- Palerm, A. Wolf, E., 1972. Agricultura y civilización en Mesoamérica: México, Secretaria de Educación Pública, 215p.
- Parry, L.G., 1982, Magnetization of immobilized particle dispersions with two distinct particle sizes: Physics of the Earth and Planetary interiors, 28(3), 230-241. [https://doi.org/10.1016/0031-9201\(82\)90004-8](https://doi.org/10.1016/0031-9201(82)90004-8)
- Pavón-Carrasco, F.J., Rodríguez-Gonzalez, J., Osete, M.L., Torta, J.M., 2011, A Matlab tool for archaeomagnetic dating: Journal of Archaeological Science, 38 (2), 408-419. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.09.021>
- Pavón-Carrasco, F.J., Osete, M.L., Torta, J.M., De Santis, A., 2014, A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flow data: Earth and Planetary Science Letters, 388, 98-109. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.11.046>
- Pelz, A.M., Jiménez, J., Palacios, M., 2011, Proyecto de Investigación Arqueológica El Ocote, municipio de Aguascalientes, Informe técnico: México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Pelz, A.M., 2014, Proyecto Arqueológico El Ocote, Aguascalientes. Informe Técnico Parcial Temporada 2013. Informe al Consejo de Arqueología: Archivo del C. INAH-Aguascalientes, México.
- Pelz, A.M., Jiménez-Meza J.L., 2013, Investigación Arqueológica El Ocote, Aguascalientes. Informe Técnico Parcial Temporada 2012 y Propuesta de Investigación. Informe al Consejo de Arqueología. Archivo del C. INAH-Aguascalientes, México.
- Torreblanca, C., Goguitchaichvili, A., López, V., Cejudo, R., Morales, J., Bautista, F., Kravchinsky, V., Garcia, R., 2020, Ball court in la Quemada, northern Mesoamerica: Absolute chronological contributions through the archeomagnetic study of associated fire pits: Journal of Archaeological Science: Reports, 33, 102558. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102558>